

Helsinki 11.10.2000



ETUOIKEUSTODISTUS  
PRIORITY DOCUMENT



Hakija  
Applicant

VLSI Solution Oy  
Tampere

Patenttihakemus nro  
Patent application no

19992211

Tekemispäivä  
Filing date

13.10.1999

Kansainvälinen luokka  
International class

H04B

Keksinnön nimitys  
Title of invention

"Hajaspektrijärjestelmä"

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.

  
Pirjo Kalla  
Tutkimussihteeri

Maksu 300,- mk  
Fee 300,- FIM

Osoite: Arkadiankatu 6 A Puhelin: 09 6939 500 Telefax: 09 6939 5328  
P.O.Box 1160 Telephone: + 358 9 6939 500 Telefax: + 358 9 6939 5328  
FIN-00101 Helsinki, FINLAND

L1

1/7

Oct 12 12:45 1999 mf.txt Page 1

Multichannel Matched filter for DS-SS acquisition  
-----Yleistä  
-----

Suorasekvenssihajaspektrijärjestelmissä (direct sequence spread spectrum, DS-SS) [1] käytetään signaalin spektrin hajottamiseen koodia, jonka sekä lähettäjä että vastaanottaja tuntevat. Vastaanottajan pitää pystyä synkronoitumaan tähän koodiin, jotta signaalin vastaanotto onnistuisi. Tämän synkronoinnin nopea suorittaminen on monessa sovelluksessa avainasemassa. Hajoituskoodin bittejä sanotaan yleensä chipeiksi, millä ne erotetaan varsinaisista databiteistä. Hajaspektrijärjestelmien etuna on mm. niiden vastustuskyky häirinnälle, minkä vuoksi niitä on käytetty yleisesti sotilassovelluksissa. Suorasekvenssiä käyttävissä järjestelmissä pystytään lisäksi mittaamaan tarkasti signaalin kulkuaika lähettimen ja vastaanottimen välillä, mikä mahdollistaa etäisyyden mittausta tarvitsevat sovellukset, kuten paikannusjärjestelmät. Etäisyyden mittausta perustuu hajoituskoodin synkronointiin, mikä voidaan tehdä hyvin tarkasti, yleensä tarkemin kuin 1/10 chipin ajasta. Kun lisäksi koodin taajuus on suuri, saavutetaan hyvä mittatarkkuus. Kun tiedetään koska koodi on lähetetty, voidaan laskea signaalin matkaan kulunut aika, ja siitä saadaan valonnopeudella jakamalla lähettimen ja vastaanottimen välinen etäisyys.

Perinteinen suorasekvenssiin perustuva hajaspektrijärjestelmä on kuvan 1 mukainen. Siinä lähettimessä on normaalin datamoduloinnin lisäksi hajoituskoodimodulaattori, joka levittää lähetetyn spektrin. Vastaanotin sisältää samalla koodilla toimivan de-spread modulaattorin, joka korreloi vastaanotetun signaalin vastaanottimessa genereoidun koodin kanssa. Mikäli koodit ovat samat ja samassa vaiheessa, saadaan lähetetty datamodulaatio palautettua samaksi kuin mitä se oli ennen hajoitusta. Samalla saadaan mahdolliset häiriösignaalit vastaavasti hajoitettua. de-spread:in jälkeinen suodatin päästää datamoduloinnin läpi, mutta poistaa suurimman osan häiriösignaalin tehosta, mikä parantaa vastaanotettun signaalin signaalikohinasuhdetta. Jotta järjestelmä toimisi, pitää vastaanottimen generoiman koodireplikan olla ja pysyä samassa vaiheessa lähetetyn koodin kanssa. Tämän vuoksi tarvitaan tavallisen kantaalto- ja datasynkronointien lisäksi oma synkronointialgoritmi hajoituskoodia varten. Lisäksi aloitettaessa vastaanottoa, pitää hajoituskoodireplika saada alun perin oikeaan vaiheeseen. Tämän alkusynkronoinnin nopeus on yksi tärkeä suorituskykyparametri hajaspektrijärjestelmissä, ja siihen on kehitetty monia menetelmiä. Järjestelmässä voi lisäksi olla erityisiä lähetettyyn signaaliin liittyviä avusteita alkusynkronointiin.

GPS[2] on Yhdysvaltojen puolustusministeriön alainen satelliittipaikannusjärjestelmä, jossa vastaanotetaan suorasekvenssihajaspektrilähetettä yhtä aikaa (yleensä) vähintään neljästä satelliitista. Vastaanottaja saa kultakin satelliitilta tiedon sen paikasta, ja pystyy määrittämään signaalin kulkuajan kustakin satelliitista vastaanottimen antenniin. Näiden tietojen avulla on mahdollista askea vastaanottimen antennin paikka hyvin

2/7

Oct 12 12:45 1999 mf.txt Page 2

tarkasti. GPS:n käyttämä hajaspektrilähetys mahdollistaa signaalien etenemisajan tarkan määrityksen lähetettyyn signaaliin synkronoitumalla.

Matchatty filttteri[3] on laite, joka laskee korrelaatiota tunnetun signaalin ja mitattavan signaalin välillä, ja antaa maksimiulostulon, kun referenssisignaali vastaa sisääntulevaa signaalia parhaiten. Tämän vuoksi se on käyttökelpoinen hajaspektrijärjestelmien signaalinhakuvaiheessa, etsittäessä vastaanottimen generoiman referenssisignaalin oikeaa vaihetta. Se voidaan osoittaa optimaaliseksi tavaksi tunnistaa signaaleja AWGN (Additive White Gaussian Noise) tyyppisestä kohinasta.

Matchatyn filtterin käyttäminen hajaspektrijärjestelmien synkronoisissa on tunnettu menetelmä. Yleisesti tunnetussa matchatyssä filtteriissä suodatin on sovitettu yhteen signaaliin kerrallaan. Tämä vaatii joko useamman suodattimen käyttöä tai yhden signaalin etsimistä kerrallaan, mikäli halutaan hakea useampaa kuin yhtä signaalia. Tämän keksinnön mukaisella menetelmällä pystytään minimaalisella lisäraudalla suorittamaan useamman kuin yhden signaalin haku samaan aikaan.

Haettaessa matchatyllä filtterillä kaistanpäästötyypistä (band-pass) signaalia kohinaisesta vastaanotetusta signaalista, kerrotaan matchattyyn filtteriin tuleva signaali kantoaallon estimaatilla, millä poistetaan vastaanottimen taajuusoffset. Jos taajuusoffset ei ole tunnettu, täytyy signaalia hakea eri offseteilla koko taajuuden epätarkkuusalueen yli. Kuvassa 2 on esitetty kaistanpäästö- ja alipäästöversiot matchattyyn filtteriin perustuvasta DS-SS hakujärjestelmästä. Kuvan esittämässä tapauksessa matchatyn filtterin tuottamat ulostulot ovat epäkoherentisti detektoituja amplitudiarvoja. DS-SS hakujärjestelmässä näitä arvoja verrataan ennalta asetettuun threshold-arvoon. Yksinkertaisimmassa tapauksessa threshold-arvon ylittäminen merkitsee, että kyseistä referenssisignaalia vastaava signaali on tunnistettu, ja sen hajoituskoodi on samassa vaiheessa talletetun referenssisignaalin kanssa. Tämän tiedon avulla voidaan käynnistää varsinainen signaalin seuranta ja vastaanotto. Jos vastaanotetun signaalin voimakkuus on pieni kohinaan nähden, ei yksinkertainen threshold-arvon ylitys ole riittävä tae signaalin löytymisestä. Sen vuoksi käytetään yleensä löydön varmistamiseen algoritmia, jossa ensimmäisen threshold-ylityksen jälkeen ladataan siirtorekisteriin uusi sisääntulosignaali, joka korreloidaan referenssisignaalin kanssa matchatyllä filtterillä vastaavassa vaiheessa kuin mitä ensimmäinen löytöhetki oli. Tätä prosessia toistetaan useamman kerran, ja mikäli threshold-taso ylittyi riittävän monta kertaa julistetaan signaali löytyneeksi.[3]

Keksintö

Tämän keksinnön mukaisessa laitteen sydämenä on kuvan 3 mukainen datapolku, joka koostuu neljästä osasta. Data tulee sisään shift-rekisteriin, jota kellotetaan chippien taajuudella tai sen monikerralla. Sisääntuleva signaali on kompleksinen, joten signaalin tallettamiseen tarvitaan kahdesta komponentista koostuva rekisteri.

3/7

Oct 12 12:45 1999 mf.txt Page 3

Toinen osa on referenssisignaalien tallettamiseen tarvittava muisti, josta voidaan osoitteen perusteella hakea haluttu referenssisignaali. Kolmantena osana on aritmetiikkayksikkö, joka kertoo kunkin sisääntulleen datanäytteen vastaavalla referenssisignaalin näytteellä ja laskee saadut tulokset yhteen. Yhteenlaskuun käytetään yksibittisistä summaimista muodostettua puuta, joka kykenee laskemaan nopeasti suuren määrän lukuja yhteen. Signaalien kertominen ja summaus suoritetaan peräkkäin kummallekin sisääntulevan signaalin osalle, ja tätä toimintaa toistetaan vaihtaen referenssisignaaleja. Neljäs osa sisältää aritmetiikkayksikön, joka neliöi kumpaakin sisääntulosignaalia vastaavan kolmannen osan tuottaman summan, ja laskee näin saadut luvut yhteen. Tämä toimenpide tuottaa kompleksisen sisäänmenosignaalin absoluuttiarvon neliön. Tällä rakenteella pystytään laskemaan  $N/2$  rinnakkaisen matchatyn filtterin ulostulo peräkkäin, kun käytetty kellotaajuus on  $N$  kertaa sisääntulodatan näyteenottotaajuus.

Datapolun tuottamat arvot ovat epäkoherentin matchatyn filtterin ulostuloja, joita tulee aina  $N/2$  kappaletta yhtä sisäänmenevää näytettä kohden. Nämä  $N/2$  ulostuloa vastaavat  $N/2$  eri referenssisignaalia. DS-SS hakujärjestelmässä näitä arvoja verrataan ennalta asetettuun threshold-arvoon.

Eräs mahdollinen tapa toteuttaa keksinnön esittämä laite on esitelty englanninkielisessä liitteessä 1 (Device specification).

Ero aikaisempiin laitteisiin

Aikaisemmin yleisin tapa toteuttaa matchattyja filttäreita on perustunut analogiatekniikkaan, missä viivelinja on toteutettu SAW (surface acoustic wave) tai CCD (charge coupled device) menetelmillä. Nämä ovat jatkuva-aikaisia järjestelmiä, jotka valmistusvaiheessa on rakennettu tiettyä referenssisignaalia varten. Analogisia askreetiaikaisia MF implementaatioita on myös toteutettu mm. switched-capacitor tekniikkään perustuen. Digitaalitekniikan kehittyminen on sittemmin tuonut myös digitaalisesti toteutetut MF:t. Digitaalisessa toteutuksessa on hankala toteuttaa nopea monen arvon summaaminen yhteen. MF:ssä pitää laskea MF:n pituuden verran referenssisignaaleilla kerrottuja talletettuja signaalinäytteitä yhtä ulostuloa varten. Perinteisesti tämä on tehty laskemalla pieni määrä lukuja kerrallaan yhteen ja toistamalla prosessi useamman kellojakson ajan. Näin välttytään hyvin moni-inputtisen summaimen toteuttamiselta. Kaikki toistaiseksi tehdyt MF toteutukset ovat tiettävästi sisältäneet vain yhden referenssisignaalin.

Tämä MF toteutus on ensimmäinen, missä useamman signaalin korrelointi on toteutettu samalla laitteella yhtäaikaaisesti. Toteutus on digitaalinen, ja sisältää tehokkaan tavan laskea monen luvun summa nopeasti.

Referenssit

[1] R.A. Scholtz, "The spread spectrum concept", IEEE Trans Commun.,

4/7

Oct 12 12:45 1999 mf.txt Page 4

COM-25, pp. 748-755, August 1977.

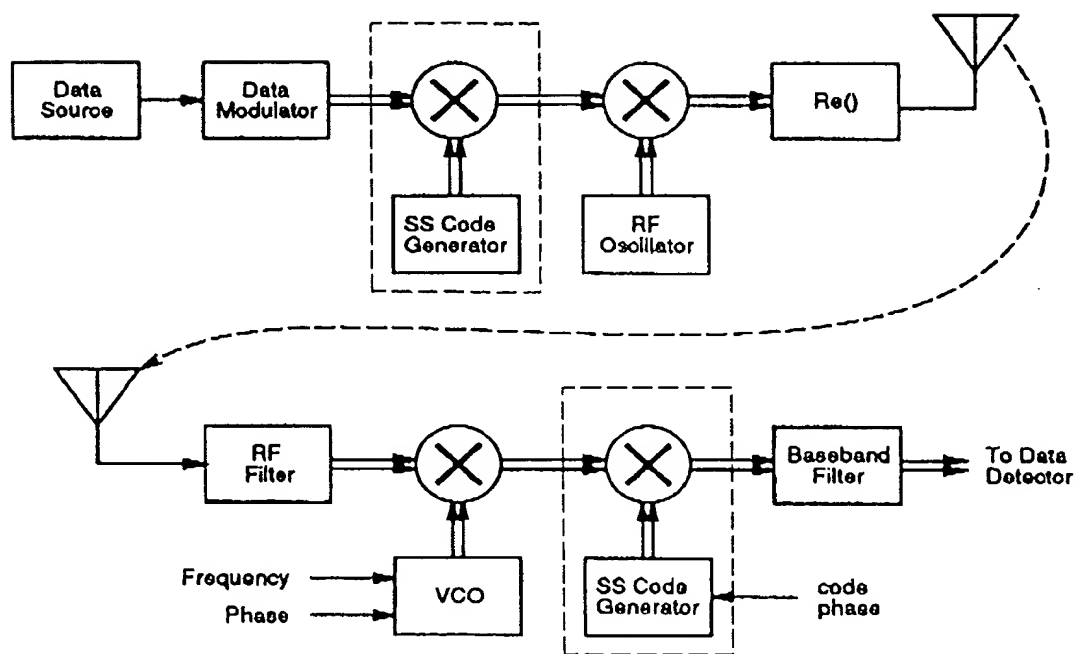
- [2] Elliot D. Kaplan. "Understanding GPS: principles and applications", Artech House, Inc., MA, USA, 1996.
- [3] Marvin K. Simon, Jim K. Omura, Robert A. Scholtz, Barry K. Levitt, "Spread Spectrum Communications Handbook", rev.ed., McGraw-Hill, 1994. pp 815-832.
- [x] US5638362: "Correlation detector and communication apparatus",

-----  
Ville Eerola  
VLSI Solution Oy  
Hermiankatu 6-8 C  
33720 Tampere, Finland  
Tel: +358-3-3165 579  
Fax: +358-3-3165 220

L 2

5/7

mf. tx+ /kvua1

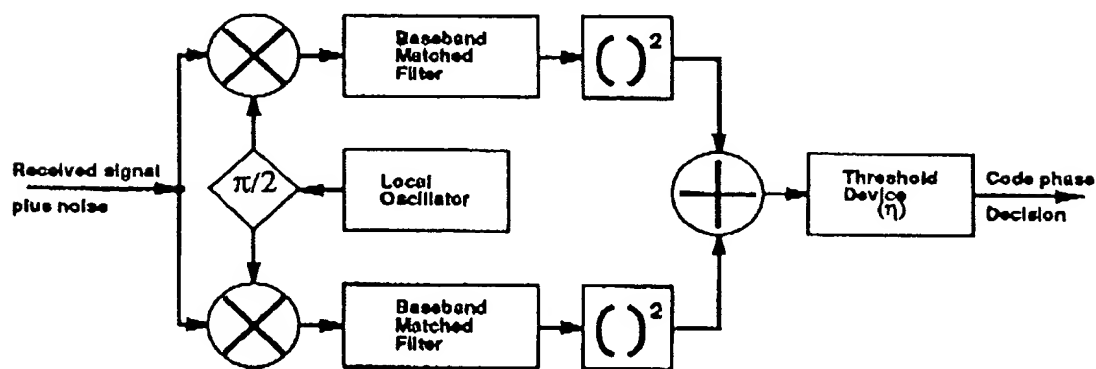


mf. txt /kvva 2

6/7



Bandpass version of a MF acquisition system



Lowpass version of a MF acquisition system

7/7

mf.txt / kuva 3

